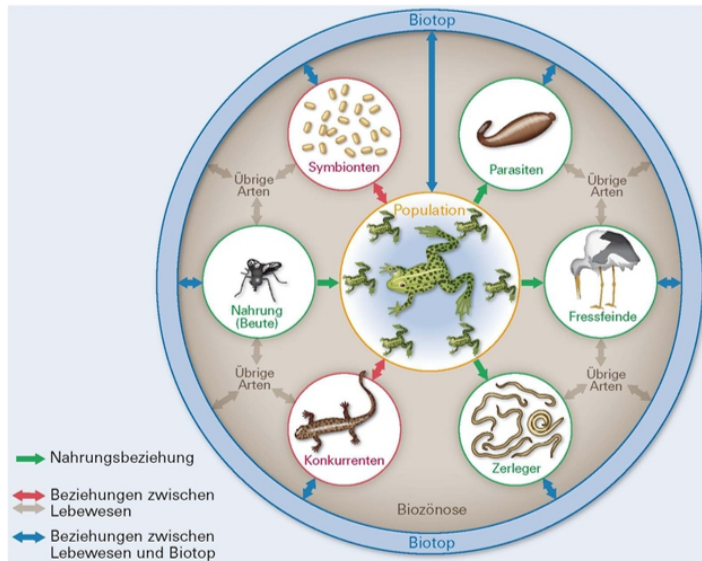


Ökologie

Einführung

Die Ökologie befasst sich mit den Beziehungen zwischen den Organismen und ihrer belebten und unbelebten Umwelt sowie mit dem Stoff- und Energiehaushalt der Erde und ihrer Ökosysteme. Die angewandte Ökologie analysiert die Belastungen der Umwelt und sucht Lösungen für die meist vom Menschen verursachten Umweltprobleme.

Lebewesen und Umwelt



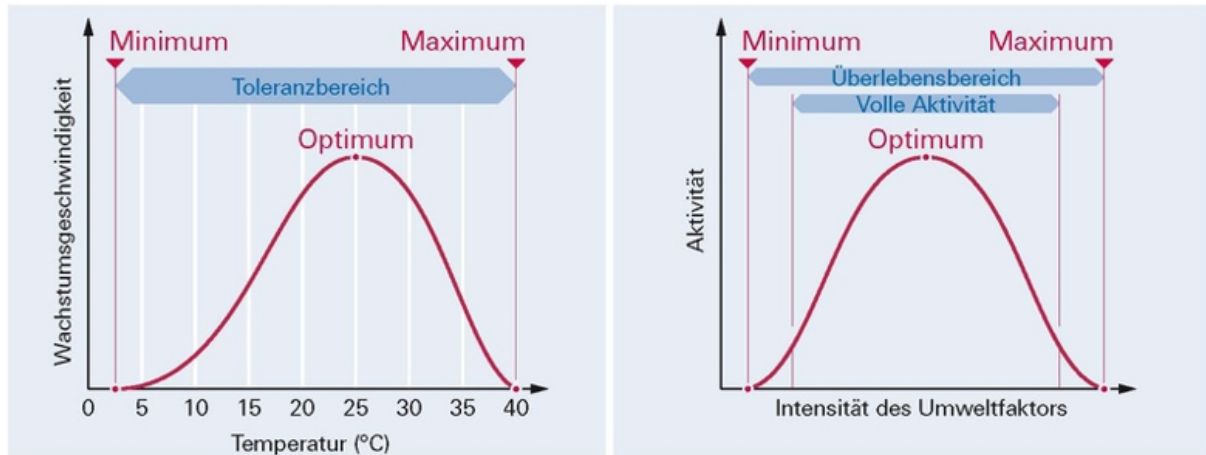
Ein Ökosystem ist ein mehr oder weniger abgegrenzter Bereich, in dem bestimmte Bedingungen herrschen und der viele verschiedenartige Lebewesen beherbergt. Ein Ökosystem besteht immer aus Biotop und Biozönose:

- ➔ Das Biotop ist der Lebensraum, der durch abiotische Faktoren wie Wasser, Licht, Temperatur charakterisiert ist
- ➔ Die Biozönose ist die Gemeinschaft aller Lebewesen, die im Ökosystem leben

Die Umwelt eines Lebewesens umfasst die abiotischen Faktoren des Biotops, wie auch die biotischen Faktoren der Biozönose, die sein Leben beeinflussen. Zur Biozönose gehören Artgenossen, Beute, Konkurrenten und Feinde.

Abiotische Faktoren

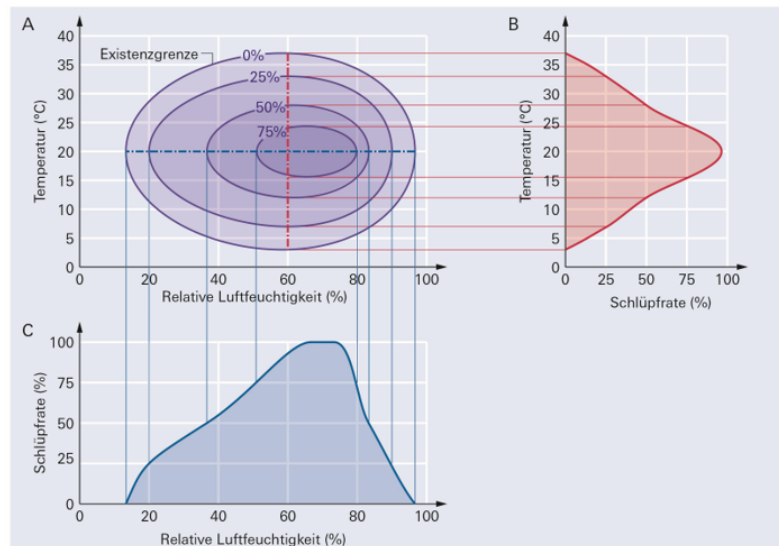
Ökologische Potenz



Toleranzkurve für die Wirkung der Temperatur auf das Wachstum junger Maispflanzen. Toleranzkurve für die Aktivität einer Art.

Abiotische Faktoren beeinflussen die Entwicklung und Aktivitäten der Lebewesen. Werte unter dem Minimum oder über dem Maximum führen zum Tod. Der Bereich dazwischen der Toleranzbereich, der Idealwert das Optimum.

Die Fähigkeit einer Art Schwankungen eines Umweltfaktors innerhalb des Toleranzbereichs zu ertragen, heisst ökologische Potenz. Arten mit grosser ökologischer Potenz nennt man euryök (z.B. eurytherm), Arten mit kleinem Toleranzbereich stenök (z.B. stenotherm).



Die Abbildung zeigt die Wirkung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auf den Anteil der Kiefernspinner-Eier, die sich erfolgreich entwickeln. B und C illustrieren, wie das zweidimensionale Diagramm A zu lesen ist. B zeigt den Einfluss der Temperatur bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60%, C zeigt den Einfluss der relativen Luftfeuchtigkeit bei einer Temperatur von 20 °C.

Die ökologische Potenz bestimmt das mögliche Verbreitungsgebiet, euryöke Arten haben ein grosses Verbreitungsgebiet, stenöke ein kleines. Das effektive Verbreitungsgebiet einer bestimmten Art hängt, davon ab, wie gut sie sich in der Konkurrenz mit anderen Arten durchsetzt. Bioindikatoren oder Zeigearten, die eine sehr geringe Toleranz auf einen bestimmten Faktor haben können als Hinweise auf eine Eigenschaft des Standorts sein.

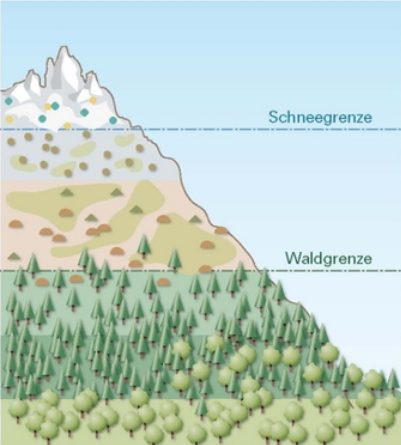
Die periodischen Schwankungen eines Faktors im Verlauf eines Tages oder eines Jahres können die Aktivität und die Entwicklung einer Art steuern. Viele Arten können ungünstige Zeiten nur im Ruhe- oder Dauerstadium überleben. Der Toleranzbereich, der durch alle für eine Art relevanten Umweltfaktoren definiert ist, wird als ökologische Nische bezeichnet.

Der Einfluss eines Faktors ist umso stärker, je weiter er vom Optimum entfernt ist. Die Aktivitäten werden immer von dem Faktor limitiert, der am weitesten vom Optimum entfernt ist.

Ökofaktoren wirken auch indirekt über andere Arten auf eine Population. Lebewesen können sich an geänderte Verhältnisse durch nicht-erbliche Modifikation anpassen, über Generationen passen sich Populationen durch Mutation und Selektion an.

Temperatur

Die Temperatur beeinflusst die Geschwindigkeit der chemischen Reaktionen. 10 Grad Erhöhung führen zu einer Verdopplung der Geschwindigkeit, 10 Grad Senkung zur Halbierung. Unter dem Temperaturminimum gefrieren die Körperflüssigkeiten, über dem Maximum denaturieren die Eiweisse.

Stufe (\approx Jahres- temperatur)	Vegetation		Nordalpen	Südalpen
Nival ($< -3^{\circ}\text{C}$)	Flechten Moose	Schneegrenze	2400 m ü. M.	3200 m ü. M.
	Polsterpflanzen Pionierrasen			
Alpin ($> -3^{\circ}\text{C}$)	Trockenrasen Zwergsträucher Legföhren	Waldgrenze	1800 m ü. M.	2100 m ü. M.
Subalpin ($> 0^{\circ}\text{C}$)	Nadelwald		1200 m ü. M.	1600 m ü. M.
Montan ($> 3^{\circ}\text{C}$)	Nadelwald oder Mischwald		700 m ü. M.	900 m ü. M.
Kollin ($> 6^{\circ}\text{C}$)	Laubmischwald			

Die Höhenstufen werden hauptsächlich durch die mittlere Jahrestemperatur bestimmt.

Die Temperatur ist der entscheidende Faktor für die Verteilung der Klima- und Höhenzonen.

Pflanzen können bei hohen Temperaturen Wasser zur Kühlung verdunsten. Jahreszeitliche Schwankungen werden mit periodischen Vorgängen wie der Blütenbildung beeinflusst. Im Winter ziehen sich viele Pflanzen in ihre Überwinterungsorgane wie Wurzeln, Knollen oder Zwiebeln zurück. Laubbäume verlieren ihre Blätter.

Bei wechselwarmen Tieren nimmt die Aktivität bei ungünstigen Temperaturen stark ab, unter dem Minimum und über dem Maximum fallen sie in eine Kälte- oder Hitzestarre und können so eine Zeit überleben.

Gleichwarme bleiben etwa gleichmässig aktiv, bei extremen über dem Maximum oder unter dem Minimum können sie jedoch nicht überleben, da ihr Stoffwechsel auf eine konstante Temperatur ausgerichtet ist.

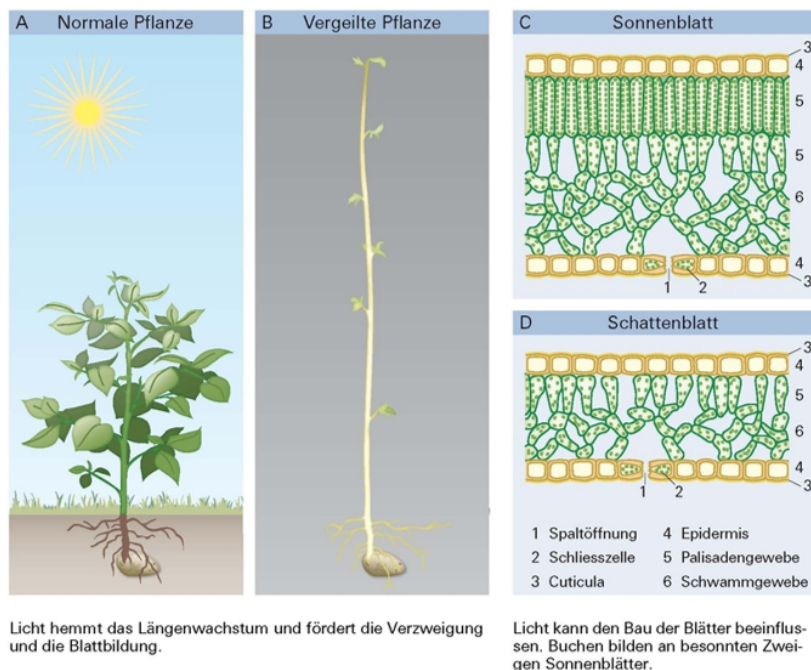
Gleichwarme haben eine Isolation, ein Regelsystem, einen leistungsfähigen Stoffwechsel und einen höheren Nahrungsbedarf als Wechselwarme. Im Winter machen einige einen Winterschlaf oder eine Winterruhe oder ziehen in wärmere Gebiete. Kleine brauchen auf ihre Masse bezogen wesentlich mehr Energie als grosse. Arten aus kälteren Gebieten sind grösser und haben kürzere Körperanhänge wie Ohren oder Beine als nahe Verwandte in wärmeren Gebieten.

Licht

Licht liefert die Energie für die Fotosynthese, mit der Pflanzen organische Stoffe aus anorganischen Aufbauen. Licht beeinflusst die Entwicklung (Fototropismus: Pflanzen wachsen «dem Licht entgegen»), die Gestaltung der Pflanzen und die Pigmentierung von Tieren.

Über den Tag-Nacht-Wechsel beeinflusst das Licht zusammen mit der inneren Uhr (deren Tage zu lange sind), den Aktivitätsrhythmus, die jahreszeitlichen Änderungen in der Tageslänge löst in Kombination mit der Temperatur jahresperiodische Aktivitäten wie die Blütenbildung oder den Vogelzug aus.

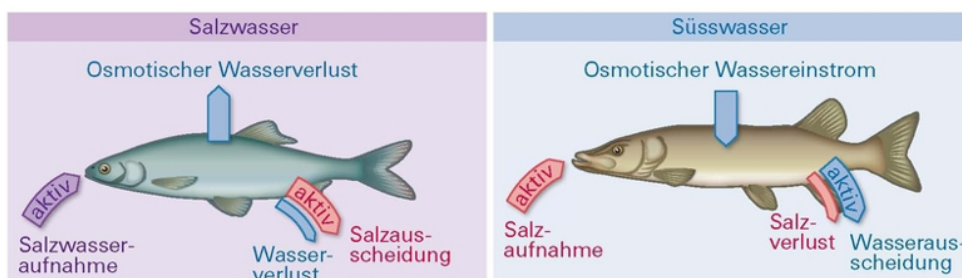
Tiere mit Augen orientieren sich mit Hilfe des Lichts, Tiere sind durch Pigmente vor den Mutagenen UV-Strahlen geschützt.



Pflanzen wachsen ohne Licht schnell in die Höhe bilden kein Blattgrün und kaum verzweigte Äste. Gewisse Pflanzen bilden an gewissen Ästen Schattenblätter, an anderen Sonnenblätter.

Wasser

Wasser ist der Mengenmässig dominierende Bestandteil aller Lebewesen. Alle Lebensvorgänge laufen in wässrigen Lösungen ab, Wasser dient als Transportmittel und nimmt an chemischen Reaktionen des Stoffwechsels teil. Wasserbewohner leben darin und Tiere ohne Skelett und Pflanzen werden durch den Innendruck gestützt.



Salzwasserbewohner verlieren durch Osmose Wasser, während bei Süßwasserbewohnern durch Osmose Wasser eindringt.

Für Wasserbewohner ist die Osmose ein Problem: Im Salzwasser verlieren sie ständig Wasser, im Süßwasser strömt immer Wasser durch die Osmose ein. Sie müssen also aktiv Wasser aufnehmen bzw. abgeben um einen Ausgleich zu schaffen.

Landbewohnende Tiere haben eine verhornte Haut oder eine Cuticula und atmen durch Lungen oder Tracheen- Ihr Skelett ist tragend und ihre Ausscheidungsorgane (Nieren) und der Darm halten Wasser zurück, die Eier haben (z.T.) Schalen und werden im Körper befruchtet. Sie sehen und hören meist gut und können riechen und schmecken.

Landpflanzen sind meist Sprosspflanzen. Sie nehmen ihr Wasser durch eine Wurzel auf und transportieren es via Gefäße nach oben zu den Blättern, wo es für die Fotosynthese gebraucht wird oder zur Abkühlung verdunstet wird. Der Transpirationsstrom transportiert auch die im Wasser enthaltenen Mineralstoffe. Die wachsartige Cuticula verhindert übermäßiges Austrocknen durch Verdunstung auf den grossen Blattoberflächen. Gasaustausch wird über die regulierbaren Spaltöffnungen an der Blattunterseite realisiert, die bei Wassermangel auch geschlossen werden können. Die Durchlässigkeit ist dem Wasserangebot angepasst.

In Gebieten mit kaltem Winter leiden Bäume und Sträucher an Wassermangel, da die Böden gefrieren. Laubbäume verhindern den Transpirationsstrom mittels Abwurf der Blätter, Nadelbäume haben wesentlich kleinere und mit Wachs geschützte Blätter.

Beziehungen zwischen den Lebewesen

Innerartliche Beziehungen

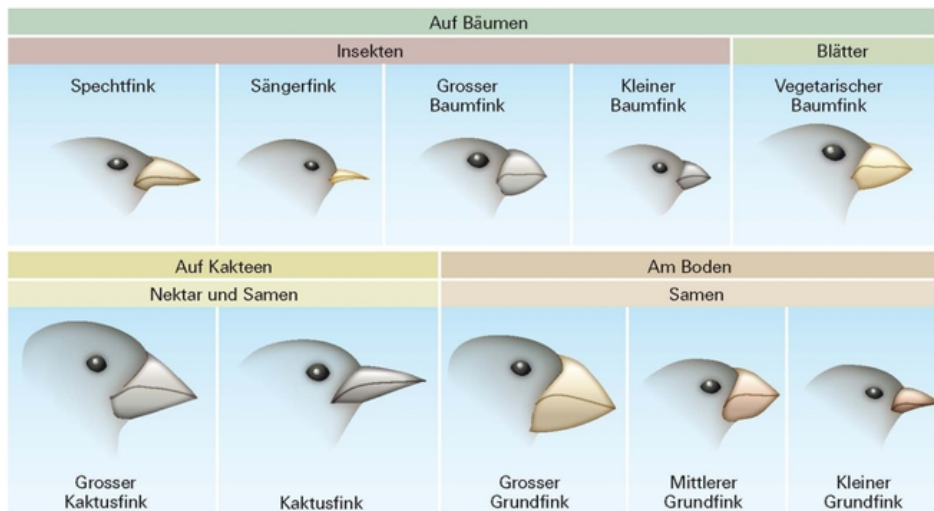
Lebewesen der gleichen Art können sich gegenseitig nützen und kooperieren. Sie stehen aber auch immer in gegenseitiger Konkurrenz, da sie die gleichen Ansprüche an die Umwelt stellen. Tiere können mit Revierverhalten oder mit einer Rangordnung destruktive Folgen der Konkurrenz vermeiden, innerartliche Auseinandersetzungen werden als Turnierkämpfe ausgetragen, bei der Verletzung nicht das Ziel des Kampfs ist.

Tiere mit Metamorphose (Insekten, Amphibien) haben eine Jugendform die nicht in Konkurrenz mit Erwachsenen steht, da sie eine andere Lebensweise aufweisen.

Viele Tiere verbessern die Überlebenschancen der Nachkommen durch Brutfürsorge:

- Schutz der Eier
- Anlegen eines Nahrungsvorrats
- Brutpflege (Füttern, Wärmen, Anlernen der Jungtiere)

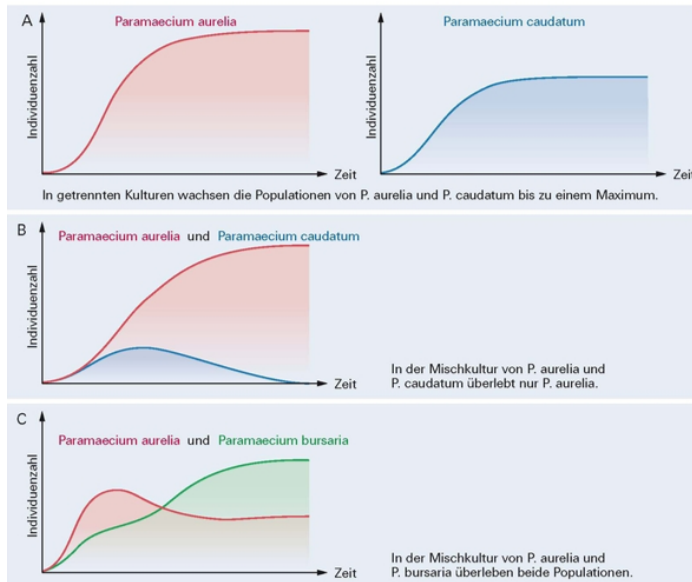
Zwischenartliche Konkurrenz zwischen verschiedenen Arten



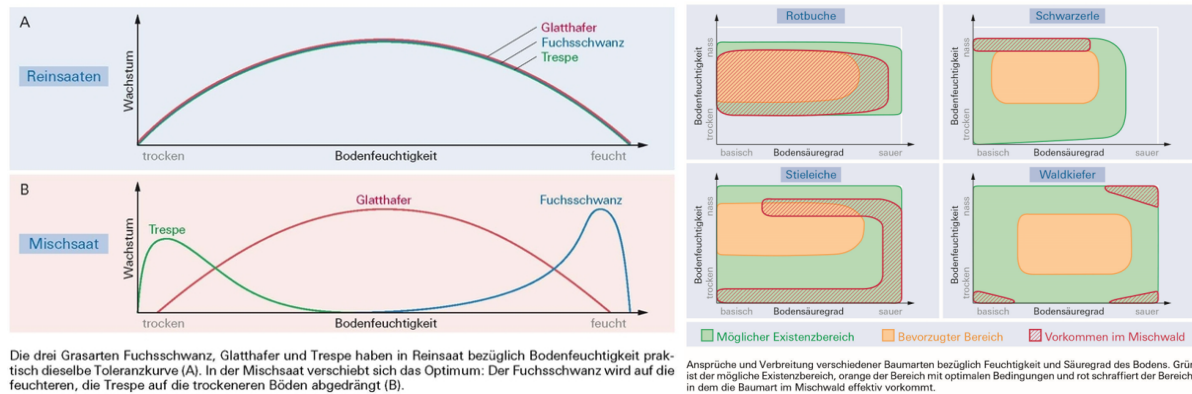
Die auf den Galapagosinseln lebenden Darwinfinken sind miteinander verwandt, haben sich aber auf unterschiedliche Nahrung spezialisiert (eingemischt).

Die zwischenartliche Konkurrenz hat über die Zeit zur Einnischung der Arten geführt. Jede lebende Art stellt ganz spezifische Ansprüche an ihre Umwelt und nutzt bestimmte Ressourcen auf eine bestimmte Weise. Jede Art hat ihre ökologische Nische und besetzt im Ökosystem eine entsprechende Planstelle.

➔ **Ökologische Nische:** Alle Umweltfaktoren, die von Bedeutung für eine Art sind, Ansprüche und die Rolle, die eine Art erfüllt.



In einer Biozönose sind nie zwei Arten mit gleicher ökologischer Nische vertreten, weil auf die lange Sicht die eine erfolgreicher als die andere sein wird.



Die Konkurrenz beeinflusst die Verbreitung der Arten. Konkurrenzstarke Arten leben dort, wo die Bedingungen optimal sind, konkurrenzschwächere Arten weichen in Gebiete aus wo die konkurrenzstärkeren nicht so gut gedeihen.

Ökosysteme mit ähnlichen Bedingungen haben äquivalente Planstellen:

- ➔ Äquivalente Planstelle: Bereiche mit geographischer Trennung haben ähnliche Nischen die verschieden besetzt werden.

Fressfeind-Beute-Beziehung

Räuber erbeuten, töten und fressen Tiere, Pflanzenfresser fressen hauptsächlich Pflanzen, Allesfresser essen beides.

Beutetiere haben Strategien entwickelt, um ihren Feinden zu entgehen. Tarnung, Flucht, Schwarmbildung, Warntracht/Mimikry, Gifte, Stacheln können Strategien sein.

Pflanzen können sich mit Dornen, Stacheln oder Brennhaaren, Giften oder Abwehrrüften schützen.

Parasit-Wirt-Beziehungen

Parasiten wollen ihren Wirt nicht töten, der Parasit lebt auf oder in seinem Wirt und will sich von ihm ernähren. Die meisten Parasiten schaden dem Wirt aber durch ihre Ausscheidungen, oder was sie übertragen.

Lebewesen die nur vom Wirt profitieren ohne diesem zu schaden heißen Kommensalen.

Unter Blütenpflanzen gibt es nur wenige Parasiten: man unterscheidet autotrophe Halbparasiten wie die Mistel und heterotrophe Vollparasiten wie die Sommerwurz-Arten.

Auch Krankheitserreger wie Viren, Bakterien und Pilze sind Parasiten und werden leicht übertragen.

Endoparasiten wie Viren, Bakterien oder Würmer leben im Wirt und sind stark angepasst (stenök), Ektoparasiten wie Flöhe leben auf dem Wirt und sind weniger spezialisiert.

Permanente Parasiten leben ständig im Wirt, temporäre kommen meist nur um Nahrung zu holen.

Symbiosen

Symbiosen sind Lebensgemeinschaften von zwei Arten, die sich gegenseitig nützen. Viele Symbiosen stehen im Zusammenhang mit dem Nahrungserwerb, mit der Fortpflanzung oder dem Schutz von Feinden. Die Partner kontrollieren einander gegenseitig.

Populationen

- ➔ Populationen sind Fortpflanzungsgemeinschaften aller Individuen einer Art, die in einem Ökosystem leben und sich miteinander fortpflanzen könn(t)en.

Die Lebewesen stehen grundsätzlich in Konkurrenz, können aber auch kooperieren z.B. bei der Fortpflanzung, Brutpflege, Verteidigung oder beim Nahrungserwerb.

Die Individuen stimmen in den arttypischen Merkmalen überein, unterscheiden sich jedoch in den individuellen, weil die Erbanlagen jeweils verschieden sind. Die Genkonfigurationen einer Population bilden einen Genpool aus dem bei der Fortpflanzung neue Kombinationen entstehen können. Je grösser dieser Genpool ist, desto grösser ist die Variabilität und damit die Anpassungsfähigkeit an neue Umstände.

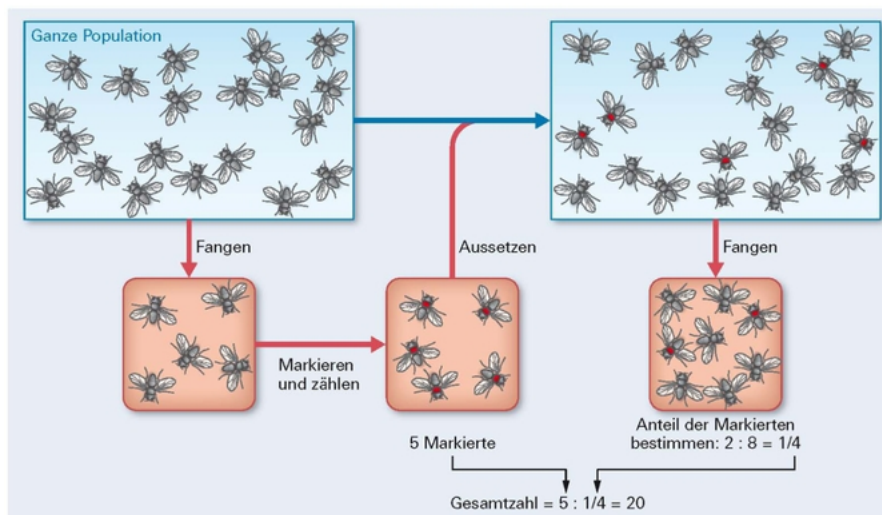
Nutzpflanzen und -tiere haben meist einen sehr kleinen Genpool und sind deshalb meist sehr uniform.

Eigenschaften

Zu den Eigenschaften von Populationen gehören:

- Grösse und Dichte
- Räumliche Verteilung
- Altersstruktur
- Geburten- und Sterberate
- Zu- und Abwanderung

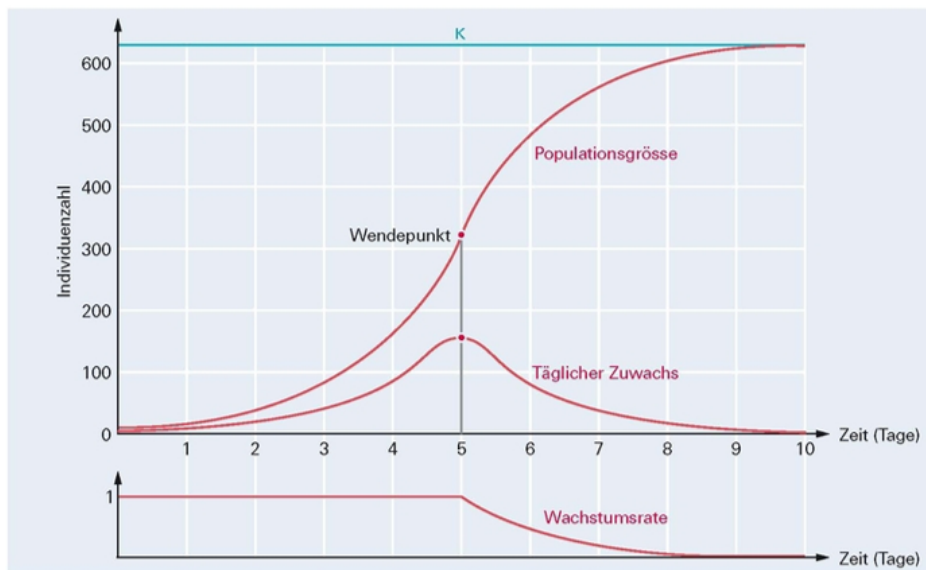
Bestimmung der Populationsgrösse



Mit der Fang-Wiederfang-Methode wird die Individuenzahl einer natürlichen Population bestimmt.

- Pflanzen: Zählung einer ausgemessenen, repräsentativen Fläche ➔ Hochrechnen auf Gesamtfläche
- Tiere: Jagdstatistiken, Kot, Verbiss, Tritts Spuren, Nester
- Fang-Wiederfang-Methode (Graphik oben)

Wachstum von Populationen



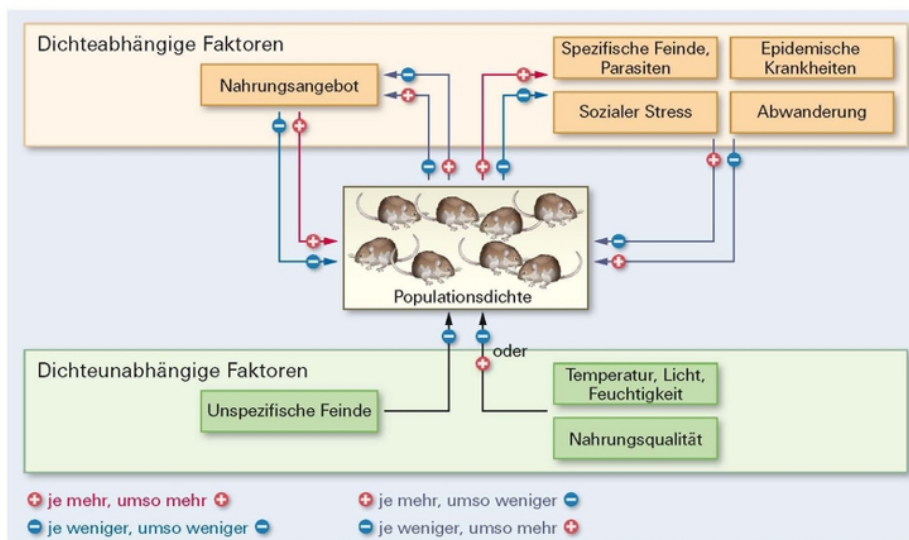
Beim logistischen Wachstum steigt der tägliche Zuwachs der Population bis zu einem Maximum und nimmt dann ab. Die relative Wachstumsrate r bleibt zuerst konstant und sinkt dann. Beim Erreichen der Umweltkapazität K ist $r = 0$, d. h., Geburten- und Sterberate sind gleich hoch.

➔ Relative Wachstumsrate (r) = (Geburtenzahl – Sterbefälle) / Individuenzahl zu Beginn

Ist die relative Wachstumsrate konstant und grösser als 0, nimmt der jährliche Zuwachs immer schneller zu ➔ exponentielles Wachstum. Früher oder später geht das Wachstum in logistisches Wachstum über. Die Umwelt (Nahrungsangebot, Feinde, Epidemien, usw.) bremst das Wachstum.

Hat die Population die Umweltkapazität (K) erreicht, wächst sie nicht weiter, sie schwankt immer leicht über und unter K . Im Idealfall nimmt die Wachstumsrate schon früher ab (Graphik).

Dichteregulation



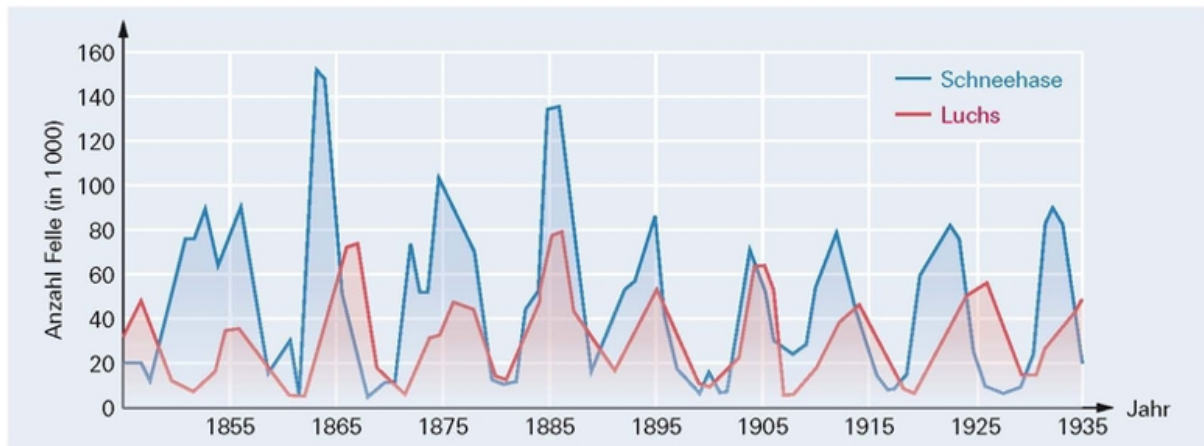
Dichteabhängige Faktoren wirken regulierend auf das Populationswachstum, weil sich ihre negative Wirkung mit zunehmender Populationsdichte verstärkt. Dichteunabhängige Faktoren wirken limitierend, aber nicht regulierend.

Das Wachstum einer Population wird von dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren beeinflusst.

- ➔ Dichteabhängige Faktoren wie die Nahrungsmenge oder der soziale Stress wirken regulierend auf die populationsdichte, da ihr Einfluss mit zunehmender Dichte zunimmt.
- ➔ Dichteunabhängige Faktoren wie Klima oder Boden wirken sich auf kleine und grosse Populationen gleich aus, sie limitieren das Wachstum, wirken aber nicht regulierend.

Periodisch auftretende Massenwechsel können auf innere Faktoren wie die Änderung im Genpool bedingt sein.

Wechselwirkungen zwischen Räuber und Beute



Die Anzahl der an der Hudson Bay erbeuteten Schneehasen und Luchse schwankt mit der Grösse der beiden Populationen.

Für Populationen eines einfachen Räuber-Beute-Systems gelten die sogenannten Volterra-Regeln:

- Die Grösse beider Populationen schwankt periodisch, die Schwankungen der Räuber folgen aber zeitversetzt
- Trotz der Schwankungen ist die Durchschnittliche Population über einen längeren Zeitraum konstant.
- Werden beide Populationen dezimiert erholt sich die Beutepopulation schneller.

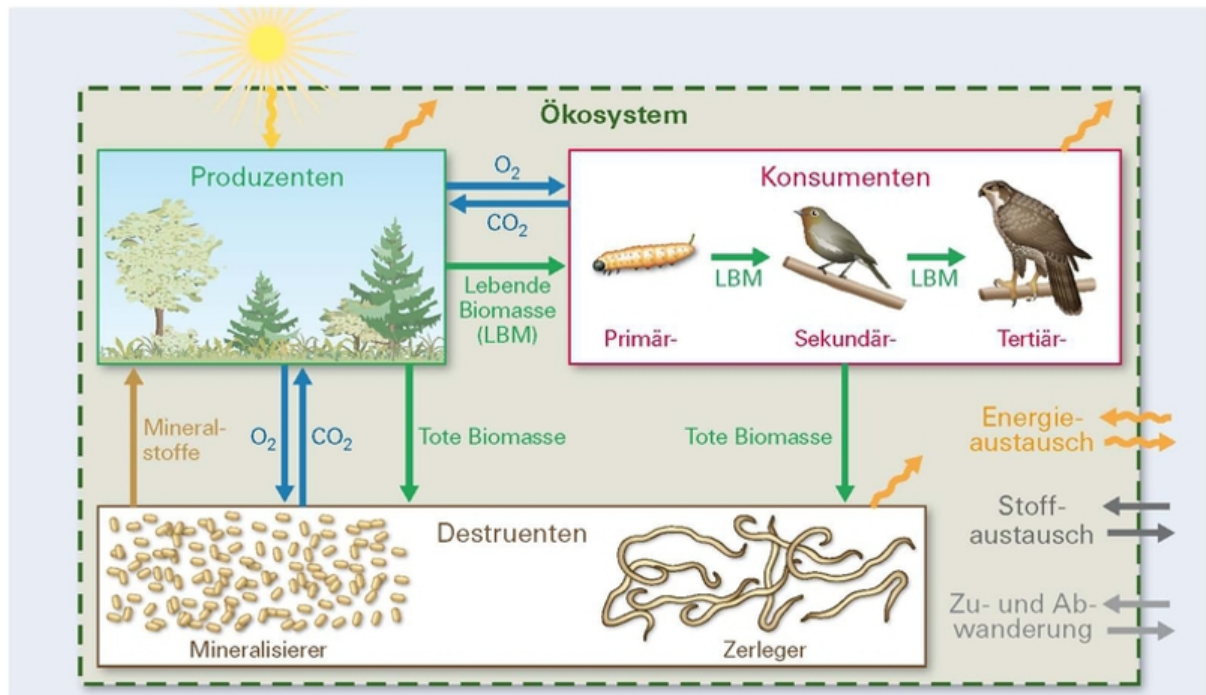
Der Räuber ist von der Beute abhängig, das Umgekehrte gilt nur selten. In natürlichen. Komplexeren Systemen kann der Räuber die Beute nicht ausrotten.

Vielfalt und Stabilität

In Ökosystemen mit starker Gliederung und gemässigten, relativ konstanten Bedingungen ist die Zahl der Nischen hoch, die Biozönosen sind artenreich und die Populationsgrössen relativ stabil.

Biozönosen und Ökosysteme

Produzenten, Konsumenten und Destruenten



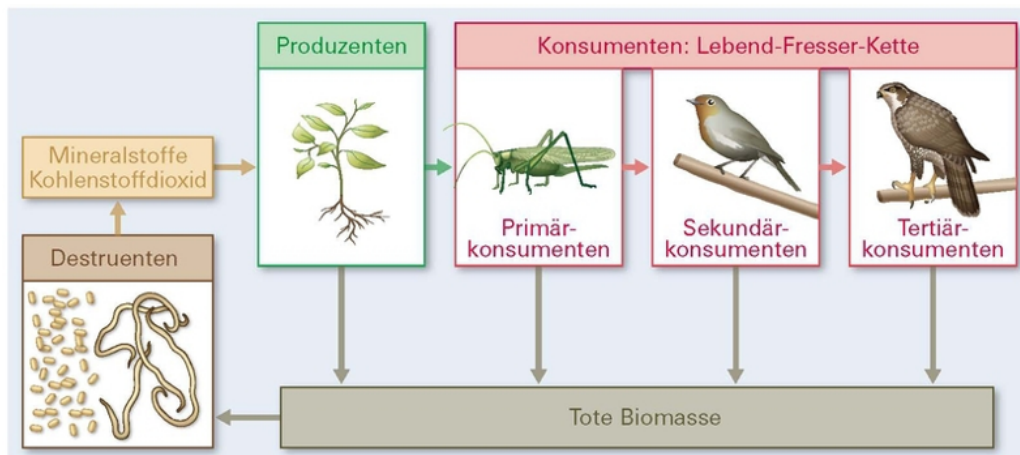
Eine vollständige Biozönose besteht aus Produzenten, Konsumenten und Destruenten.

Die Population einer Biozönose werden nach ihrer Ernährung einer Nahrungsebene (Trophie-Ebene) zugeordnet:

- **Produzenten:** autotroph, Bauen aus anorganischen Stoffen energiereiche organische Stoffe auf, die die Lebewesen der Biozönose mit Energie und org. Stoffen versorgt. Die meisten Produzenten beziehen die Energie von der Sonne (Fotosynthese).
- **Konsumenten:** heterotroph, fressen andere Lebewesen:
 - Primärkonsumenten: Pflanzenfresser
 - Sekundärkonsumenten: Fleischfresser die Pflanzenfresser fressen
 - Tertiärkonsumenten: Fleischfresser die Fleischfresser fressen
 - Allesfresser: Isst sowohl Fleisch als auch Pflanzen
- **Destruenten:** fressen die organischen Abfälle und bauen sie weitgehend ab:
 - Zerleger: fressen Reste und Leichen von Pflanzen und Tieren und bauen sie teilweise ab
 - Mineralisierer: Pilze und Bakterien, bauen die restlichen organischen Stoffe zu CO_2 und Mineralstoffen ab, die wiederum von Produzenten benötigt werden.

In vollständigen Biozönosen sind die Leistungen von Produzenten, Konsumenten und Destruenten ausgewogen und die Stoffkreisläufe geschlossen.

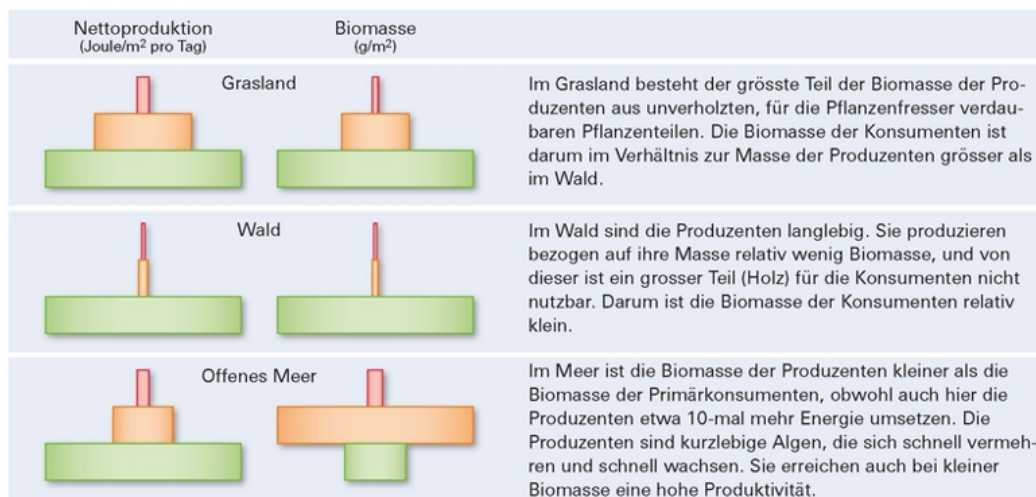
Nahrungsketten



Produzenten und Konsumenten bilden eine Nahrungskette, in der das organische Material weitergegeben wird.

Produzenten und Konsumenten bilden Nahrungsketten, in denen immer ein Teil des organischen Materials weitergegeben wird. Die Destruenten machen es schliesslich wieder als Mineralstoffe verfügbar. In natürlichen Biozönosen bilden sich so komplexe Nahrungsnetze.

Produktivität und Energiedurchfluss



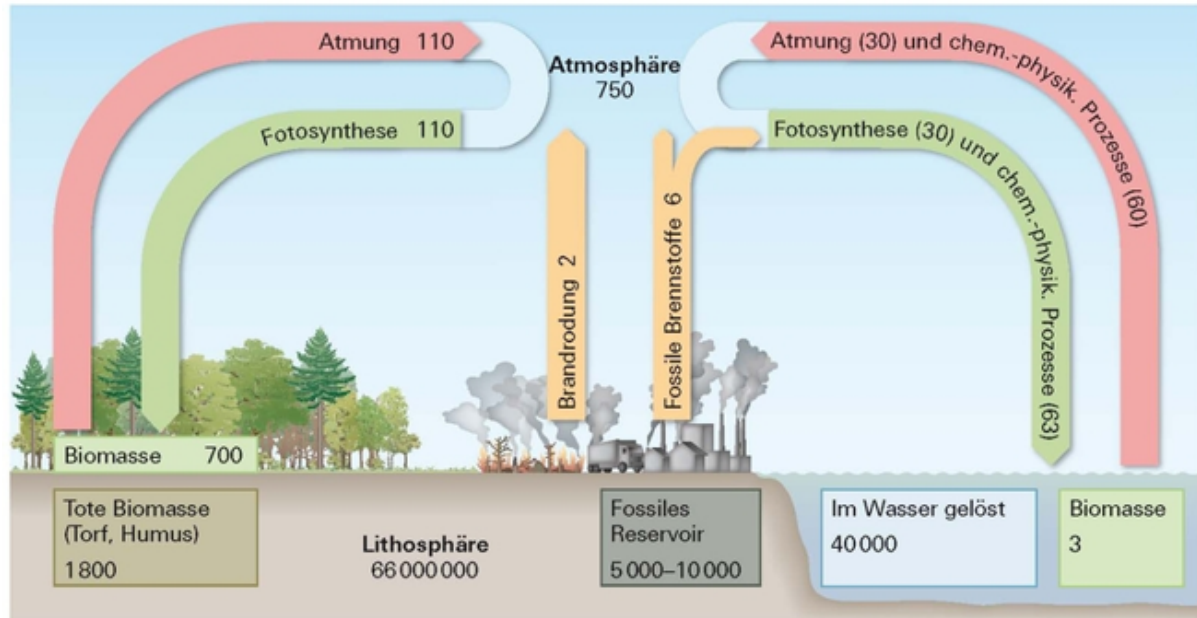
Die Nettoprimärproduktivität ist die von den Produzenten auf einer bestimmten Fläche in einem bestimmten Zeitraum gebildete Biomasse. Sie ist normalerweise zwischen 10 und 2500g/m² und Jahr. Die Produzenten nutzen etwa 1% der Sonnenenergie, die sie erreicht, zum Aufbau von Biomasse. Von dieser Bruttoprimärproduktion (BPP) dient etwa die Hälfte zum Aufbau von Biomasse (Nettoprimärproduktion NPP), die andere Hälfte wird dissimiliert.

Von der NP einer Ebene gelangen 4/5 mit abgestorbenen Teilen, Leichen, Ausscheidungen, Frassabfällen etc. direkt zu den Destruenten und ca. 1/5 zu den Konsumenten der folgenden Ebene. Diese verbrauchen davon auch nur etwa die Hälfte zur Gewinnung von Energie, Die andere Hälfte wird Biomasse (NP). Weil von einer Ebene nur ca. 10% zur nächsthöheren Ebene gelangen, ergibt die schematische Darstellung der Produktion von Produzenten und Konsumenten einer Biozönose eine Pyramide (siehe oben). Die Nahrungspyramide in der die Biomasse der trophischen Ebenen dargestellt werden, sind meist, aber nicht immer pyramidenförmig.

Stoffkreisläufe

Jedes Element, das in den Stoffen der Lebewesen vorkommt, durchläuft einen bio-geochemischen Kreislauf, in dessen Verlauf es von den Lebewesen aus der unbelebten Natur aufgenommen und wieder abgegeben wird.

Kohlenstoff-Sauerstoff-Kreislauf



Im Kohlenstoffkreislauf werden die organischen Verbindungen der Lebewesen und das Kohlenstoffdioxid rasch umgesetzt. Die Zahlen geben die Grösse der Depots (in Gigatonnen Kohlenstoff, 1 Gt = 1 Milliarde $[10^9]$ t) und die umgesetzten Mengen (Gt C/Jahr) an.

Kohlenstoff kommt hauptsächlich vor:

- Organischen Verbindungen der Lebewesen und ihren Resten
- Kohlendioxid
- Carbonaten wie Kalk im Boden, in Gesteinen und im Wasser
- Fossilen organischen Kohlenstoffverbindungen (Kohle, Erdöl, Erdgas)

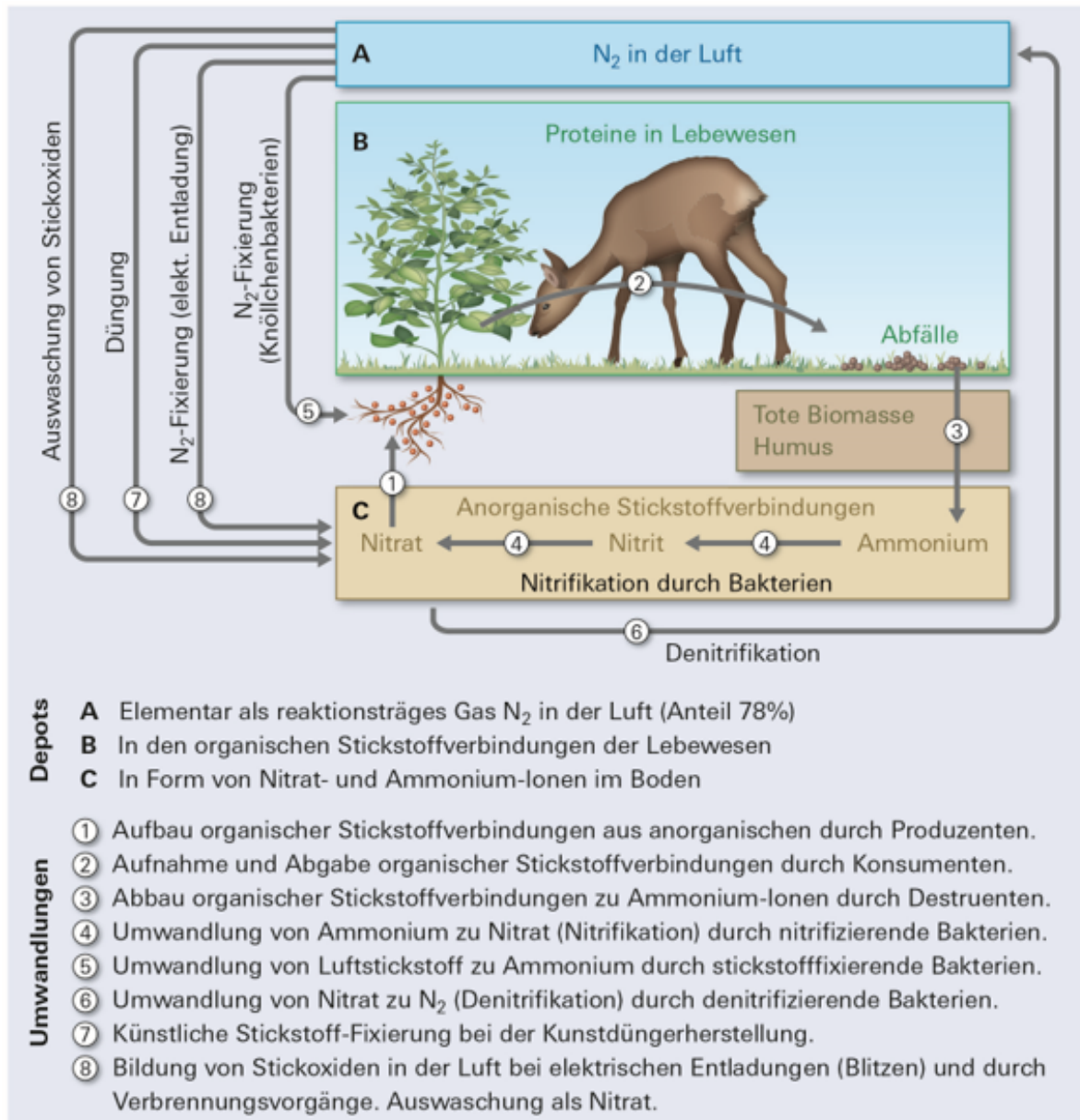
Die wichtigsten Umwandlungsvorgänge sind:

- Assimilation: $\text{CO}_2 \rightarrow$ organische Verbindungen
- Dissimilation: organische Verbindungen $\rightarrow \text{CO}_2$
- Verbrennung: organische Verbindungen $\rightarrow \text{CO}_2$
- Austausch von CO_2 zwischen Luft und Wasser
- Ablagerung in Carbonaten in Sedimenten

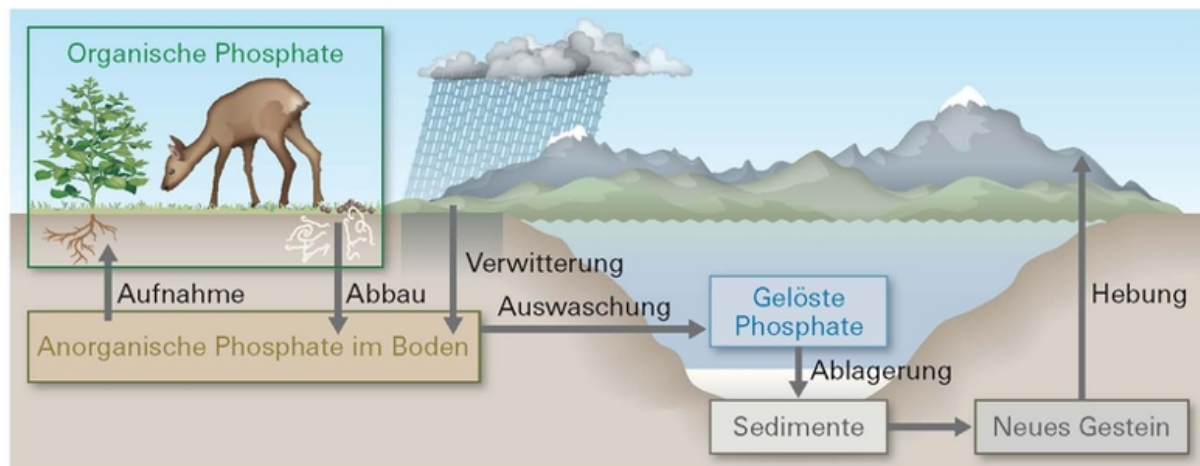
Würden sich Auf- und Abbau der organischen Stoffe die Waage halten wären die Mengen in den Depots und die CO_2 -Konzentration in der Luft konstant. Da der Mensch durch Verbrennen von fossilen Brennstoffen und durch Brandrodungen aber zusätzliches CO_2 in die Luft bringt, stieg der CO_2 -Gehalt der Luft seit 1750 um 35%.

Sauerstoff wird hauptsächlich von Lebewesen in der Foto- oder Chemosynthese hergestellt und beim Abbau von Biomasse verbraucht (Atmung oder Verbrennung). Wäre der Kohlenstoffkreislauf geschlossen, wäre die CO_2 -Konzentration in der Luft konstant. Durch menschliche Eingriffe wird die CO_2 -Konzentration aber erhöht, was aber keine Rolle spielt, da dies bei der immensen Menge von Sauerstoff in der Atmosphäre nicht ins Gewicht fällt.

Stickstoffkreislauf



Phosphorkreislauf



Das Element Phosphor kommt in den grossen Depots praktisch nur in Form von Phosphaten vor.

Depots:

- In Lebewesen in Nucleinsäuren, ATP, anorganischen Phosphate in Hartteilen wie Knochen
- Im Boden und in Gesteinen als anorganische Phosphate
- Im Wasser als Phosphat-Ionen

Umwandlungen:

- Pflanzen: Ph. aus dem Boden → organische Ph.
- Destruenten: organische Ph. → Ph. Im Boden
- Der Mensch bringt Ph. In Gewässer wo sie das Algenwachstum fördern.

Gleichgewicht, Stabilität und Vielfalt

Im biozönotischen Gleichgewicht bleibt die Zusammensetzung der Biozönose (B) über einen gewissen Zeitraum praktisch konstant. Zahl und Art der Populationen ändert sich praktisch nicht und die Dichte bewegt sich um einen konstanten Mittelwert. Klein Störungen durch abiotische Faktoren können ausgeglichen werden und grössere Störungen führen über längere Zeit zu bleibenden Veränderungen.

Grosse Ökosysteme die gesamthaft stabil erscheinen, bestehen meist auf vielen kleinen Teilsystemen, die sich z.T. stark verändern können. Die Summe ihrer Eigenschaften bleibt fast konstant.

In artenreichen B gibt es viele Beziehungen zwischen Populationen, darum schwanken die Populationsdichten weniger stark als in artenarmen.

<u>Merkmal</u>	<u>r- Strategie</u>	<u>k- Strategie</u>
Lebensdauer	kurz	lang
Geburtenrate	hoch	niedrig
Brutpflege	keine oder nur sehr wenig	Hoher Aufwand, Zeitinvestitionen
Entwicklungsdauer / Zeit bis zur ersten Fortpflanzung	Kurz	lang
Populationsgröße	schwankend	Relativ konstant
Intraspezifische Konkurrenz	können Konkurrenz nicht gut standhalten	können Konkurrenz standhalten (optimale Ressourcen Nutzung)
Beispiele	Insekten, Fische, Bakterien, Parasiten	Viele Säugetiere: Primaten, Wale, Elefanten; aber auch Vögel

Sukzession

Sukzession ist die Abfolge von B in einem Ökosystem bei der Neubesiedlung (Primärsukzession) oder nach einer groben Störung (Sekundärsukzession). Die Primärsukzession führt zur Pioniergesellschaft zu Klimaxgesellschaft:

- Für unreife B gilt: Die Produzenten überwiegen, die Biomasse steigt. Die Artenzahl ist gering und die Dichteschwankungen sind hoch. Alleskönner (Generalisten) und r-Strategen überwiegen. Die Nahrungsketten sind kurz und wenig verzweigt
- Für Klimaxgesellschaften gilt: Das Zahlenverhältnis bzw. die Stoffproduktion von Produzenten, Konsumenten und Destruenten ist ausgewogen, die Stoffkreisläufe sind geschlossen. Die Artenzahl ist hoch, die Dichteschwankungen gering. Die Spezialisten dominieren, K-Strategen überwiegen. Die Nahrungsketten sind lang und verzweigt.